

UNICAMP



Instrumentação de Bancada de Testes para Automóveis

Arthur Germano Cardoso (arthurgcardoso@gmail.com),

Prof. Dr. Franco Giuseppe Dedini (dedini@fem.unicamp.br)

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA - DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INTEGRADOS

Agência: PIBITI/CNPq

Palavras-Chave: Dinamômetro; Dinâmica Veicular; Instrumentação



Introdução:

Dinamômetro de rolo veicular é um equipamento de testes, projetado para realizar testes em veículos, a fim de obter dados de sua dinâmica longitudinal, como potência e torque, fundamentais para análises de desempenho do veículo. Com a variação da carga na qual o veículo está submetido, podem ser simulados trajetos longitudinais com subidas e decidas. Com o aumento da carga temos a situação de subida, e com a diminuição, a de descida. Este teste seria de grande valor para a análise de um veículo híbrido, dotado de frenagem regenerativa para otimizar o sistema afim de conferir-lhe segurança (regulagem de torques de frenagem e aceleração), durabilidade da bateria, e eficiência energética. O Laboratório de Sistemas Integrados (LabSIn – DPM – FEM/UNICAMP), onde foi construída a bancada, está estudando um carro híbrido com estas características no projeto Roda Elétrica, que foi o grande motivador deste projeto. A grande maioria dos produtos no mercado não é capaz de variar a carga do sistema. Este projeto visa o acompanhamento do projeto de uma bancada de testes de sistema duplo (4x4) capaz de variar a carga por meio da atuação de motor elétrico e freio magnético, além de um sistema de volante de inércia; e a instrumentação desta, com o uso de diversos sensores.

Metodologia:

Esta bancada foi modelada em CAD, com o software ProEngineer Wildfire 4.0, e suas características dinâmicas foram simuladas com o auxílio do programa MSC ADAMS, um programa de síntese e análise estrutural, cinemática e dinâmica referência na indústria automotiva. Neste projeto preliminar, o carro subiria na bancada através de uma rampa, e o contato pneu solo seria representado por um contato pneu-pneu. As inércias seriam adicionadas em forma de rolos no entre-rodas da bancada. Na extremidade de um eixo encontra-se o motor elétrico e na extremidade do outro, encontra-se o freio magnético. Por fim, os dois eixos seriam acoplados por um sistema polia-correia na sua outra extremidade.

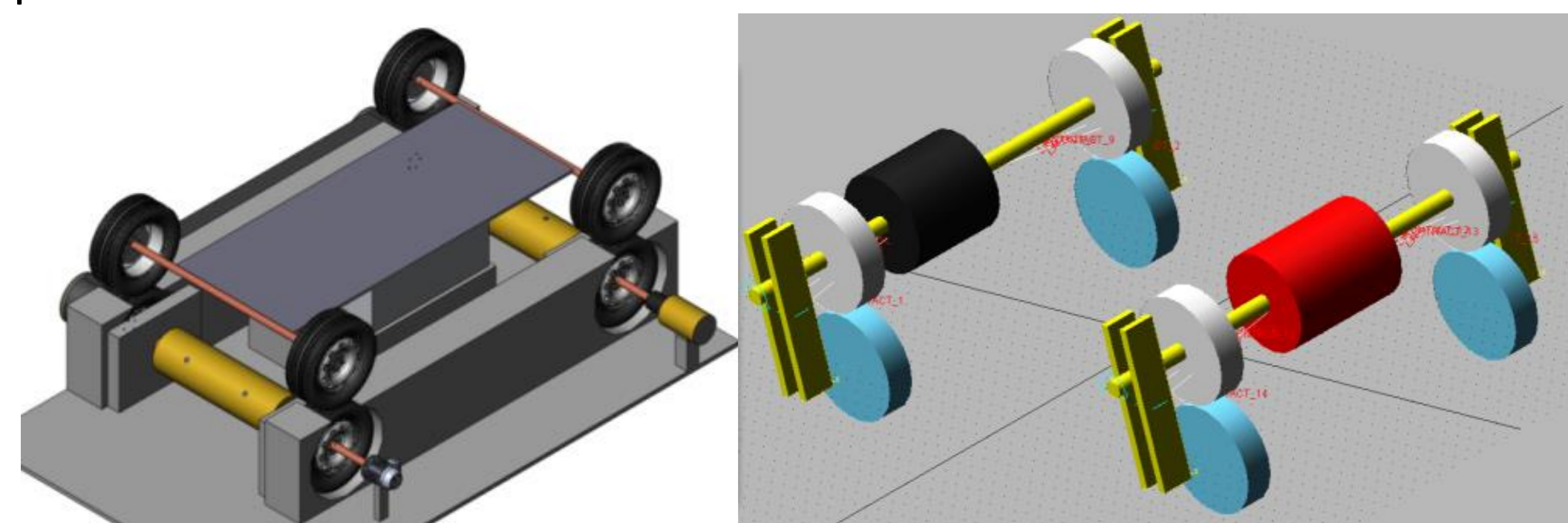


Figura 1 – Bancada de testes modelada no CAD Pro-Engineer 4 e simulada em ambiente ADAMS.

Esta bancada consiste em dois módulos, um para cada eixo do veículo, com os módulos interligados por um conjunto de correias. Cada módulo apresenta quatro rolos, todos rigidamente acoplados de forma a girar sempre na mesma rotação, sendo dois para cada roda do veículo. As correias são responsáveis por fazer com que os módulos trabalhem na mesma velocidade.

Um dos módulos possui um freio magnético capaz de adequar a inércia do veículo à do sistema e simular subidas para o veículo. No outro módulo existe um motor elétrico capaz de aliviar as cargas para o veículo, a fim de simular descidas.

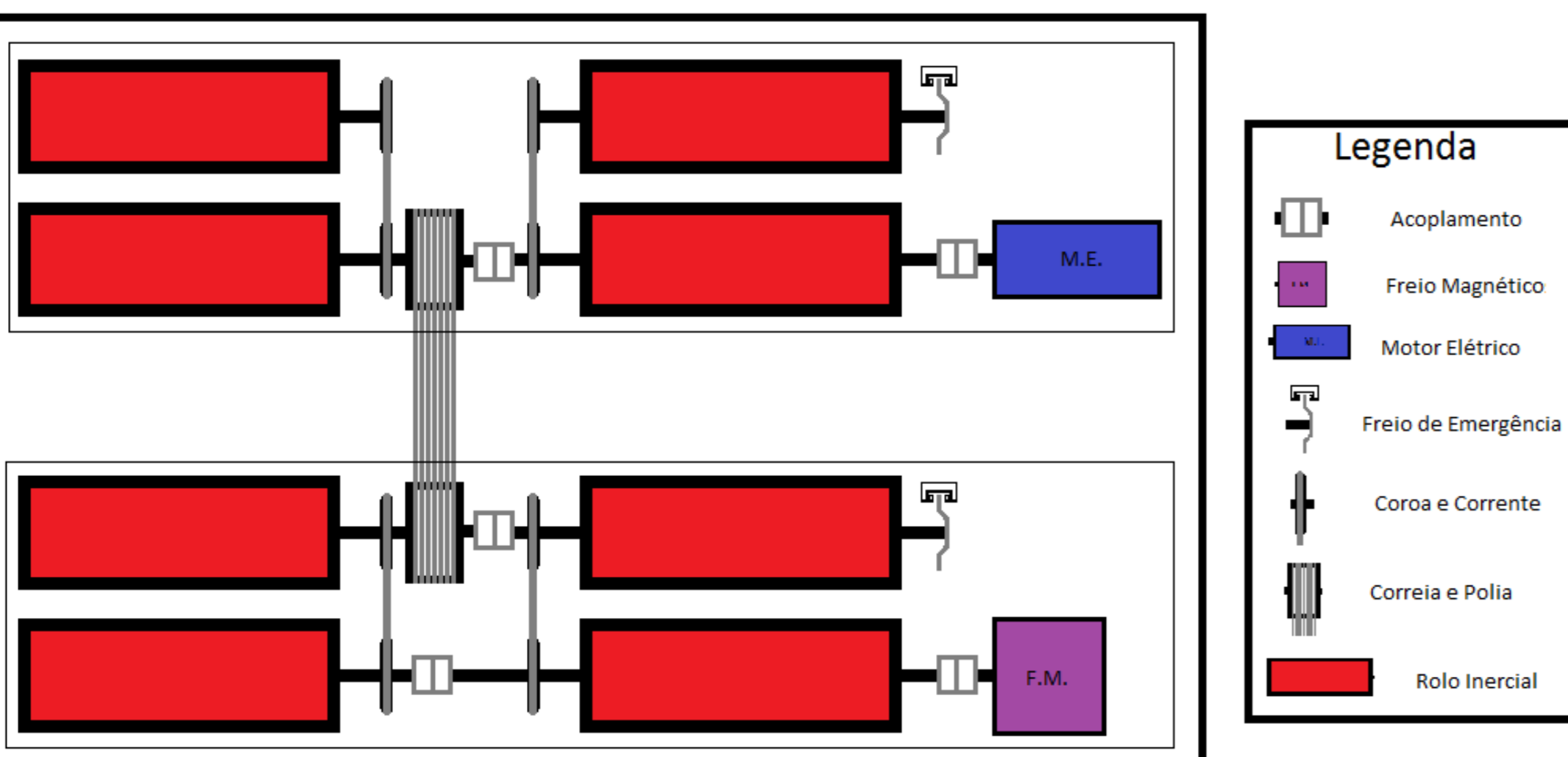


Figura 2: Representação esquemática da Bancada.

Devido as dimensões da bancada, foi necessário adequar o espaço disponível no laboratório para que esta fosse instalada. Foi feito um modelo em CAD da bancada e do laboratório a fim de facilitar este processo.

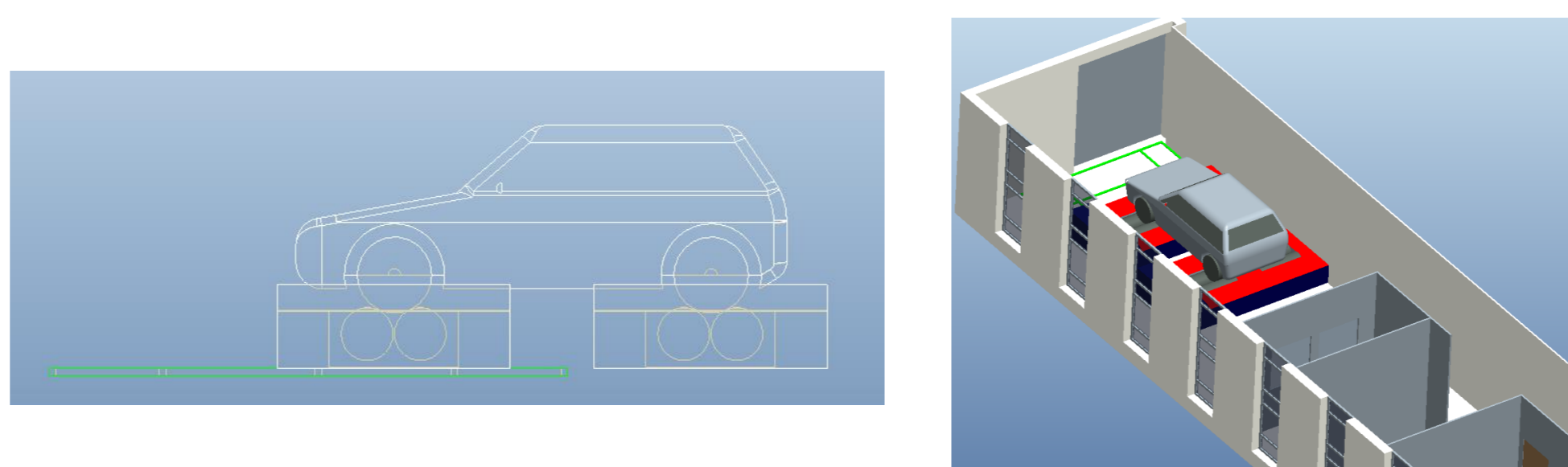


Figura 3: Adequação do espaço disponível para a bancada.



Figura 4: Bancada pronta

Após esta etapa, foi feito um levantamento dos parâmetros a serem aferidos. Este levantamento foi baseado em literaturas referências em dinâmica veicular.

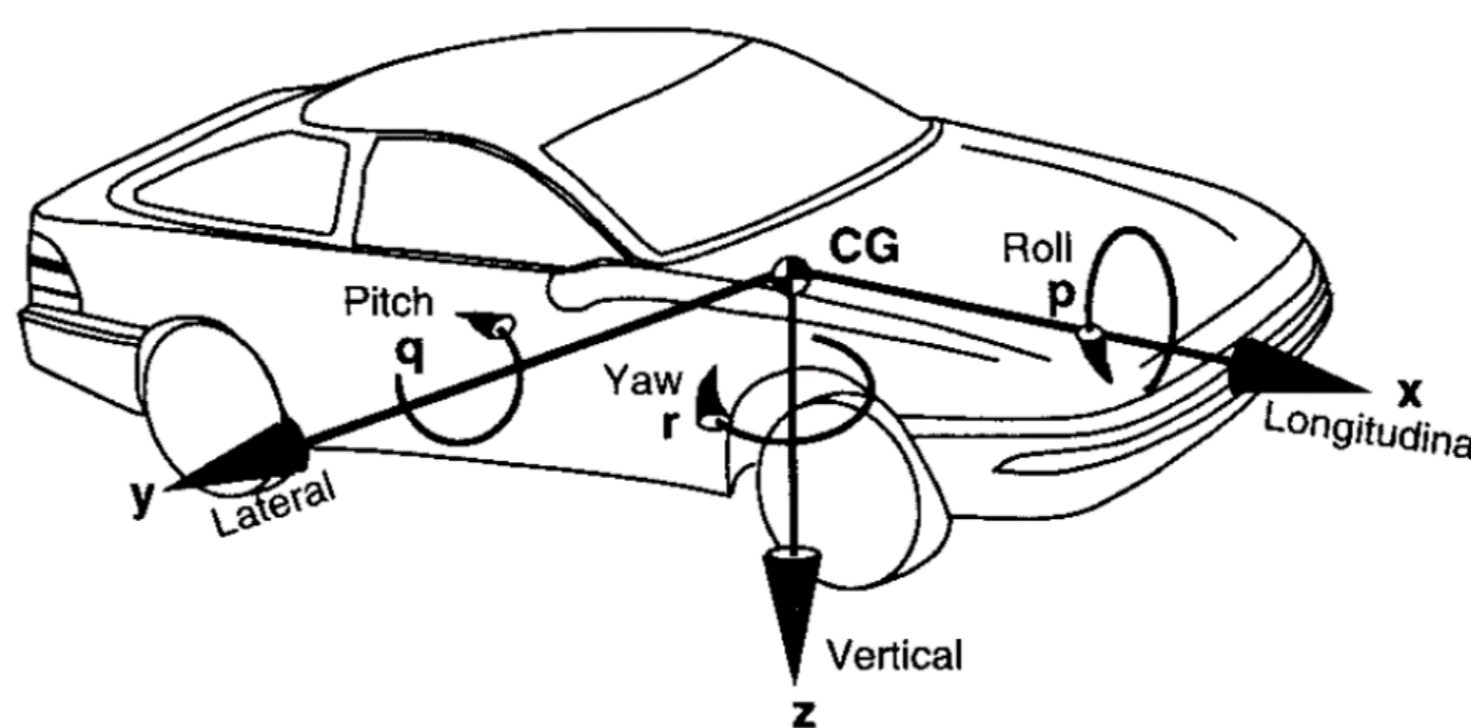


Figura 5: Sistema de coordenadas adotado pela SAE.

A Dinâmica veicular é o estudo dos movimentos de um veículo em uma pista. Os movimentos de interesse são aceleração e frenagem, conforto e ruídos (vibrações) e curvas. A SAE (Society of Automotive Engineers), divide a dinâmica veicular por meio de 6 coordenadas, sendo elas as três coordenadas cartesianas, X, Y e Z, e em três ângulos p, q e r, renomeando-se por Longitudinal, Lateral, Vertical, Roll, Pitch e Yaw, respectivamente, onde se encaixam todos estes movimentos de interesse. Para fazer o levantamento dos parâmetros relevantes, a dinâmica longitudinal foi dividida em três categorias: Aceleração, frenagem e carregamentos de pista.

Em comparação com uma situação real de operação de um veículo, a operação em uma bancada de testes do tipo dinamômetro de rolo difere principalmente em relação aos carregamentos de pista. Tanto em Aerodinâmica devido ao ar parado em relação ao veículo quanto em relação à resistência à rolagem, devido à curvatura, espaçamento e número de rolos. Tais diferenças de carregamentos podem vir a ser compensadas como forma de torque adicional.

Os parâmetros a serem aferidos são torque no motor elétrico e no freio magnético, e velocidade dos rolos. Para a medição de torque, foram selecionados torquímetro do tipo flange, e para velocidade, um medidor de rotação de roda fônica veicular.



Figura 6: Torquímetro tipo flange (esquerda) e sensor de rotação indutivo à direita.

Finalmente, foram estabelecidos os critérios de operação da bancada, começando com a calibração. A bancada tem a capacidade auto-medição, fornecendo dados como curva de torque em função de rotação para o motor elétrico, freio magnético e perdas do sistema. Em seguida, o veículo é colocado sobre a bancada, desligado, e a bancada mede características de resistência à rolagem, e através da pressão do pneu, ajusta-se a mesma para valores de situação de pista.

Após estas etapas, são adicionados as cargas no motor elétrico e freio magnético ajustando inércia e simulando carregamentos de forças aerodinâmicas.

Resultados e Discussão:

O levantamento de parâmetros, e sua forma de aquisição são explicitados na tabela 1. Alguns parâmetros serão medidos diretamente, outros indiretamente, e alguns, terão que ser baseados na literatura, pois não são possíveis de medir neste tipo de teste.

Tabela 1: Levantamento de parâmetros e forma de medição.

Dinâmica Longitudinal	Aceleração	Inclinação da pista	Indiretamente	
		Peso do veículo	Literatura	
		Coefficiente de fricção dos pneus	Literatura	
		Transferência de carga	Literatura	
		Velocidade	Diretamente	
		Torque do motor	Diretamente	
		Eficiência do sistema de Powertrain	Literatura	
		Carregamentos de pista	-	
	Frenagem	Inclinação da pista	Indiretamente	
		Peso do veículo	Literatura	
		Torque de frenagem por roda	Diretamente	
		Velocidade	Diretamente	
		Transferência de carga	Literatura	
		Carregamentos de pista	-	
	Carregamentos de Pista	Resistência à rolagem	Velocidade	Diretamente
Temperatura do pneu			-	
Forças Aerodinâmicas		Pressão	Diretamente	
		Coefficiente de resistência à rolagem	Literatura	
		Coefficiente de arrasto	Literatura	
	Velocidade	Diretamente		
	Área frontal do carro	Literatura		

Foram determinados os sensores de torque T40B 500Nm e T40B 3kNm, e o sensor de rotação da roda fônica do veículo modelo Gol da Volkswagen. Foram determinados também os critérios de operação da bancada para compensação de inércia, anulação de perdas, simulação de forças aerodinâmicas, simulação de aclave e declive, e ajuste de resistência à rolagem.

Conclusões:

Este estudo mostrou que é possível fazer a instrumentação de uma bancada do tipo dinamométrica com simulação de subidas, descidas, adequação de inércia do sistema, simulação de forças aerodinâmicas, ajuste de resistência a rolagem e anulação de perdas. Cobrindo de maneira completa os parâmetros relevantes à dinâmica longitudinal. Pelo fato de alguns parâmetros serem ajustados conforme a literatura, como coeficiente de resistência a rolagem e coeficiente de arrasto, a incerteza das medidas será influenciada pela fidelidade da fonte à realidade.

Referências Bibliográficas:

- [1] GILLESPIE, T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale, SAE, 1992;
- [2] NAKAZAWA, S. The Nissan LEAF electric powertrain. Nissan Motor Co., LTD. Japan
- [3] NUNNEY, M. J. Automotive Technology. Warrendale, SAE, 1998
- [4] DIXON, J. C. Tires, Suspension and Handling. Warrendale, SAE, 1996
- [5] FOX, R. W.; PRITCHARD, P. J.; MCDONALD, A. T. Introdução à Mecânica Dos Fluidos. LTC, 2010
- [6] MALEGARI, Luis Fernando. TG: Estudo e Projeto de um dinamômetro de rolos veicular, Universidade de Passo Fundo, 2006.
- [7] Website EMH Freios, <http://www.emh.com.br>, Acessado em 12/2012
- [8] ISMAIL, K. A. R. Técnicas de Medidas e Instrumentação – 3.ed – Campinas, SP, 2009

Agradecimentos:

À toda equipe do LabSIn, pelo suporte e apoio. Ao CNPq pelo programa PIBIC/PIBITI que me forneceu a bolsa de iniciação tecnológica. À CPFL/Piratininga e CPFL/Santa Cruz, parceiros e financiadores do projeto Roda Elétrica. À Agencia Nacional de Energia Elétrica, ANEEL.